

УДК 622. 002. 5 - 52

## КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ УГОЛЬНОЙ ШАХТЫ.

Гавриленко Б.В. канд. техн. наук., Тарубаров Р.В. магистр,  
Донецкий государственный технический университет

*Разработана компьютерная модель функционирования тепловой сети угольной шахты с использованием котла с топкой кипящего слоя.*

*The computer model of functioning of a thermal network of a colliery with use of the boiler with furnace of a boiling layer is developed.*

В условиях сложившегося в угольной промышленности страны экономического кризиса, немаловажно обеспечить оптимальное сжигание угля котельными горных предприятий, которые для собственных нужд потребляют до 5% добытого ископаемого. Реконструкция и модернизация эксплуатируемых в настоящее время котлоагрегатов пока остается лишь перспективой решения этой проблемы. В то же время, большинство твердотопливных котельных на угольных шахтах используют высокоэффективные в плане экономии топлива котельные установки с топками кипящего слоя КЕ, Е, КВ, а так же, реконструированные котлы ДКВР [ 1, 3 ].

Одним из направлений рационального сжигания угля в топке кипящего слоя является применение эффективных средств автоматического регулирования производительности котлоагрегатов в условиях тепловой сети с переменным потреблением теплоносителя. Однако, при этом возникает необходимость в анализе динамики работы конкретного автоматизируемого объекта, что необходимо при выборе наиболее выгодных законов регулирования отдельных топочных процессов и всего котлоагрегата, как основного звена в тепловой сети шахты. Для получения динамических характеристик объекта управления в условиях конкретного предприятия, необходимо запланировать и провести ряд экспериментов, что связано с определенными финансовыми затратами. Из-за отсутствия у большинства угольных предприятий средств, выгодным решением данной проблемы можно считать получение зависимостей, характеризующих работу тепловой сети, путем компьютерного моделирования ее режимов. Однако, в настоящее время подобных моделей тепловой сети шахты не существ-

вует, несмотря на имеющийся математический аппарат и данные экспериментальных исследований, позволяющих прийти к ее созданию.

В рамках данного вопроса, авторами разработана и опробована компьютерная модель функционирования паровых котлов КЕ с топкой кипящего слоя для тепловой сети шахты, характеризующейся переменным потреблением теплоносителя в широком диапазоне.

Упрощенная схема паровой сети шахты, положенная в основу создания модели, представлена на рис. 1.

В данном случае, совокупность всех шахтных потребителей тепла сводится моделью к одному условному потребителю с расходом пара  $D$ , т/час, равному суммарному значению

$$D = \sum_{i=1}^N D_i,$$

где  $D_i$  - расход пара  $i$  потребителем в данный момент времени;  $i$  - номер потребителя.

При этом осуществляется возможность задания расхода пара в соответствии с установленным графиком потребления шахтной сетью теплоносителя, а также случайно изменяющегося во времени.

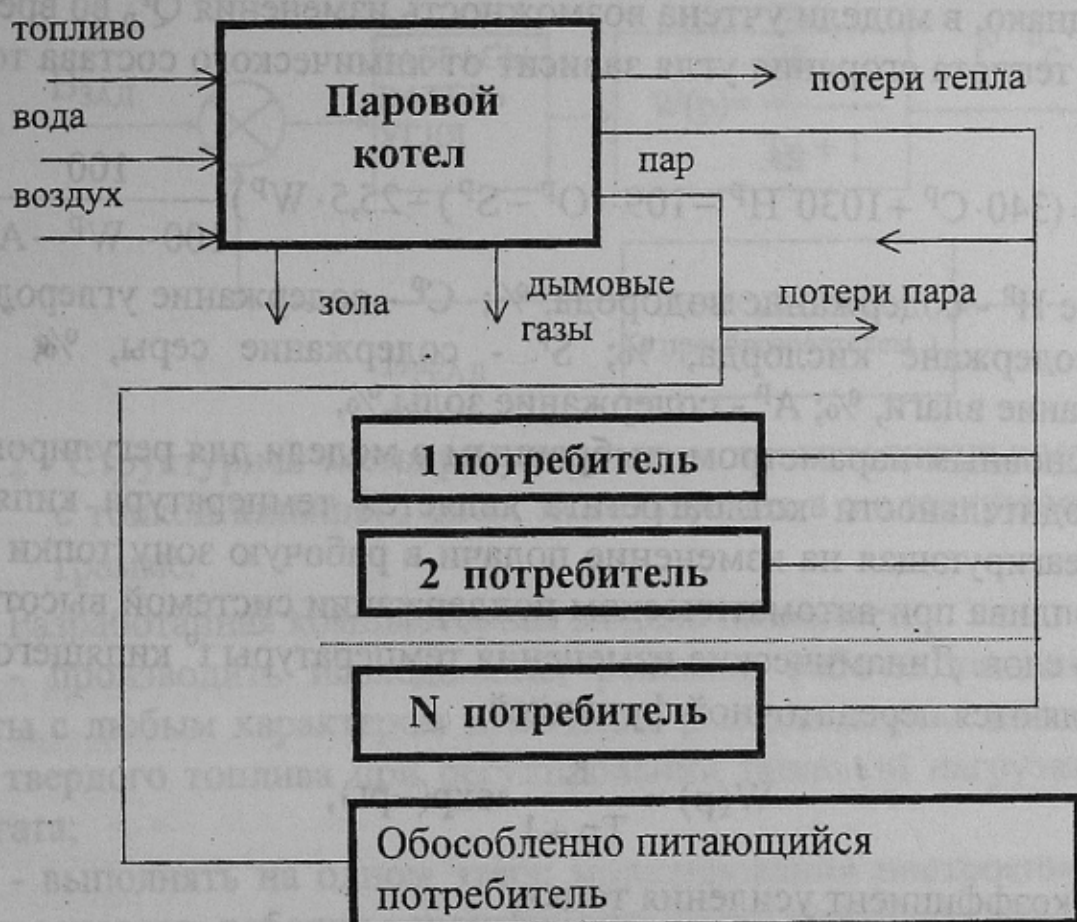


Рис. 1 - Упрощенная схема паровой сети шахты



Необходимый расход твердого топлива  $V$ , т/час для достижения требуемой паропроизводительности котла определяется по известной зависимости [ 2 ]

$$V = \frac{D_{\text{пп}}(H_{\text{пп}} - H'_{\text{пв}}) + D_{\text{пр}}(H_{\text{кв}} - H'_{\text{пв}}) + D_{\text{нас}}(H_{\text{нас}} - H'_{\text{нас}})}{Q_p^P \cdot \eta} \times \\ \times \frac{D_{\text{втп}}(H''_{\text{втп}} - H'_{\text{втп}})}{Q_p^P \cdot \eta} \cdot 100\%$$

где  $D_{\text{пр}}$ ,  $D_{\text{нас}}$ ,  $D_{\text{втп}}$  - соответственно расход продувочной воды, насыщенного пара на сторону (если имеется) и через вторичный пароперегреватель ( если такой имеется ), т/час;

$H_{\text{пп}}$ ,  $H'_{\text{пв}}$ ,  $H_{\text{кв}}$ ,  $H_{\text{нас}}$ ,  $H''_{\text{втп}}$ ,  $H'_{\text{втп}}$  - соответственно энтальпии перегретого пара, питательной воды на входе в экономайзер, продувочной воды, насыщенного пара при отводе его на сторону, пара на входе и выходе вторичного пароперегревателя, кДж/кг;

$\eta$  - КПД котла;

$Q_p^P$  - рассчитываемая теплота сгорания угля, кДж/кг.

Однако, в модели учтена возможность изменения  $Q_p^P$  во времени так как теплота сгорания угля зависит от химического состава топлива [ 3 ]

$$Q_p^P = (340 \cdot C^P + 1030 \cdot H^P - 109 \cdot (O^P - S^P) - 25,5 \cdot W^P) \frac{100}{100 - W^P - A^P},$$

где  $H^P$  - содержание водорода, %;  $C^P$  - содержание углерода, %;  $O^P$  - содержание кислорода, %;  $S^P$  - содержание серы, %;  $W^P$  - содержание влаги, %;  $A^P$  - содержание золы, %;

Основным параметром, выбранным в модели для регулирования производительности котлоагрегата является температура кипящего слоя, реагирующая на изменение подачи в рабочую зону топки твердого топлива при автоматическом поддержании системой высоты кипящего слоя. Динамические изменения температуры  $t^\circ$  кипящего слоя определяются передаточной функцией

$$W(p) = \frac{K}{Tp + 1} \cdot \exp(-pt),$$

где  $K$  - коэффициент усиления топки,

$$K = (t_U^0 - t_H^0) / \beta,$$

$\beta$  - угол поворота выходного органа исполнительного устройства ( типа МЭО ), регулирующего подачу топлива в топку при максимальном значении подачи  $V$ , град;

$t_U^0$  - установившееся значение температуры кипящего слоя при максимальной величине  $V$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_H^0$  - начальное значение температуры кипящего слоя для условий  $t_U^0$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T$  - постоянная времени топки, мин;  $t$  - текущее время, мин.

Моделирование реализовано методами математической статистики и численного интегрирования путем пошагового рассмотрения топочного процесса и тепловой сети шахты во времени. При этом вводится допущение, что аппаратура управления котлоагрегатом реагирует лишь на изменение потребления пара системой теплоснабжения. Это необходимо при изучении возможности регулирования расхода топлива по мере изменения потребности в паре. Таким образом, моделируется структурная схема, показанная на рис. 2, где:  $V_{\text{зад}}$  - задаваемое тепловой сетью значение расхода топлива;  $V_{\text{реал}}$  - значение расхода топлива, соответствующее реальной температуре кипящего слоя.

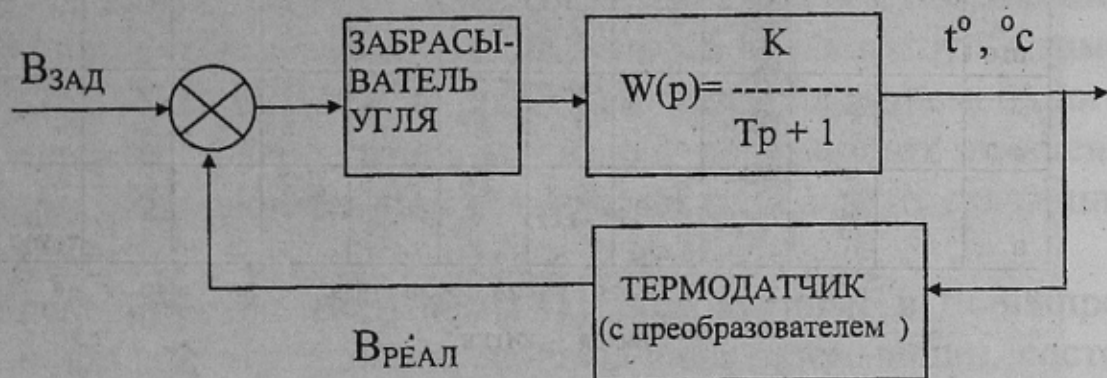


Рис. 2 - Структурная схема регулирования производительности котла с топкой кипящего слоя, используемая в моделирующей программе.

Разработанная компьютерная модель позволяет:

- производить исследования режимов работы тепловой сети шахты с любым характером изменения расхода пара с целью экономии твердого топлива при регулировании тепловой нагрузки котлоагрегата;

- выполнять на одном этапе моделирования построение до 290 точек основных рабочих характеристик топки кипящего слоя;



- строить графики зависимостей расхода твердого топлива  $V(t)$  и температуры кипящего слоя  $t^{\circ}(t)$ , как реакции на его изменение;
- получать табличную зависимость расхода топлива  $V$  от совокупного потребления пара сетью  $D$ .

С помощью разработанной модели по данным НИИ "Донгипрошахт" было проведено исследование режимов работы тепловой сети шахты "Краснолиманская". При этом, использовались следующие основные параметры: количество потребителей тепла; расход пара каждым потребителем, в том числе 48-часовой график потребления пара калориферной установкой; значения энтальпии воды и пара на входе и выходе котла; КПД котельной установки; динамические характеристики топки кипящего слоя используемого котла КЕ-10-14-ПС.

Полученные при моделировании графические зависимости расхода твердого топлива  $V(t)$  и температуры кипящего слоя котла  $t^{\circ}(t)$  представлены на рис. 3.

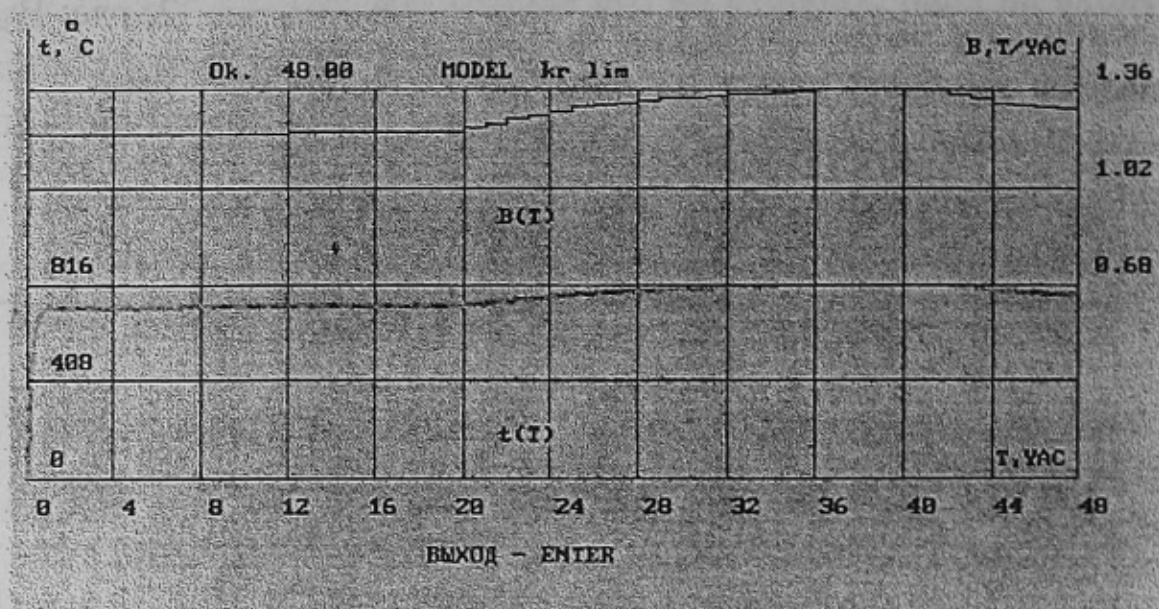


Рис. 3 - Результаты моделирования тепловой сети шахты "Краснолиманская" ПО "Красноармейскуголь"

Использование разработанной модели создает возможности по реализации различных подходов в выборе оптимальных режимов работы котлоагрегатов и техническом оснащении тепловых сетей горных предприятий за счет экономного сжигания твердого топлива.

Список источников.

1. Промышленная теплоэнергетика и теплотехника: Справочник / А.М. Бакластов и др.; под общ. ред. В.А. Григорьева, В.М. Зорина. - 2 - е изд., перераб. - М.: Энергоатомиздат, 1991.
2. Тепловой расчет котельных агрегатов ( нормативный метод ). Изд - е 2 - е, переработанное. Под ред. Н.В. Кузнецова и др. - М., " Энергия ", 1973. - 295 с.
3. Сжигание угля в кипящем слое и утилизация его отходов / Ж.В. Вискин и др. - Донецк: Типография " Новый мир ", 1997. - 284 с